干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

基于非期望产出的新疆区域生态经济投入效益分析①

高志刚， 童思聪
（新疆财经大学经济学院，新疆 乌鲁木齐 830012）

摘 要：在加强生态文明建设的背景下，对新疆区域的生态经济投入效益进行分析有助于协调区域经济发展与生态环境的关系。为了解新疆区域生态经济投入效益的变化趋势，采用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型和 GML 指数模型分别对 2001—2017 年新疆 14 个地州市的生态经济投入效益进行了静态分析和动态分析。研究结果表明：(1) 新疆区域的生态经济投入效益水平较低，且各地州市的生态经济投入效益存在明显的差距，但各地州市的效益值都在呈现上升的趋势。(2) 各地州市的生态经济投入效益存在明显差异的原因是资源要素的投入松弛，包括建成区面积、能源消费量以及用水总量的投入松弛。(3) 新疆各地区的生态经济投入效益全部得到了改善，平均每年上升 9.1%，且其提高的主要影响因素是技术进步。此外，宏观政策调控、经济发展水平以及产业结构也会对当地的生态经济投入效益产生影响。据此，提出以下建议：① 分类指导，促进区域优势互补，加快绿色发展。② 合理配置资源要素，提高资源利用效率。③ 加大技术研发投入，提高技术水平和管理水平。

关 键 词： 生态经济投入效益；非期望产出；超效率 SBM 模型；GML 指数；新疆
文章编号

新疆拥有独特的地形地貌条件和丰富的自然资源，因而其经济发展具有一定的优势。但是伴随着工业化的快速发展、城市建设的推进，新疆经济高速发展的同时也使得本来就脆弱的生态环境更加堪忧[1-3]。该区域的发展进而受到了环境与经济的双重压力。新疆十三五规划纲要中提出要把生态文明建设放在突出的战略位置，正确处理好发展与生态环境保护的关系，坚持环保优先、生态立区，走资源开发可持续、生态环境可持续的道路。且在十九大报告中更加强调了“美丽中国”、“生态文明”这一理念。中国的发展道路打破了以往的以牺牲环境为代价换取的经济发展，未来的发展政策是既要“金山银山”，也要“绿水青山”。在此背景下研究新疆生态经济投入效益具有重要的意义和价值。

生态经济效率是由 SCHALTEGGER 和 STURM 于 1990 年提出[4]。其核心思想是以较小的资源消耗与环境污染获得较大的经济效益[5]。而生态经济投入效益是指投入生态资源要素的成本与获得的经济收入的比值，经济收入可以用地区生产总值来表示，生态资源由资源消耗和污染排放两部分组成[6]。虽然一些学者对名词概念的表述方式有所区别，但其理论基础都是相同的。即分析生态经济投入效益等同于研究生态经济效率。近年来，生态经济效率问题一直受到国内外学者的广泛关注，很多学者已经对其进行过深入的研究，并取得了一定的研究成果。FARE 等[7]首次使用 DEA 环境生产技术进行环境效率的评估。而后国外学者采用 DEA 模型对行业层面进行了生态效率的研究[8-10]。国内学者则是大多从区域层面对生态效率展开研究，包括省域[11-12]与市域[13-15]范围内的生态经济效率分析。也有学者对工业、海水养殖以及矿业部门的生态效率进行了分析[16-18]。此外，生态效率的研究内容还包括影响因素分析[19-21]、区域差异问题[22-23]等。

① **收稿日期**：2019-06-24； **修订日期**：2019-11-25
基金项目：国家自然科学基金项目(41761033)；新疆维吾尔自治区研究生科研创新项目(XJ2019G257)；新疆财经大学研究生科研基金项目(XJUFE2018K022)资助
作者简介：高志刚(1972-)，男，河南濮阳人，教授，博士生导师，研究方向为区域经济与可持续发展. E-mail：gaozhg1206@163.com

总结以往的研究可以看出,目前对生态经济效率的研究存在以下不足:(1)以往的研究大多都是分析期望产出,而只有少数的学者考虑了从非期望产出角度进行研究;这种忽略环境污染对生态经济效率带来的影响,会高估实际的生态经济效率。(2)以往的研究范围主要关注我国省际层面及中东部地区,对西部地区的研究较少,尤其是对新疆生态经济效益的研究更是鲜有涉及。(3)普通的 DEA 模型无法对决策单元同时有效(效率值为 1)的情况进行进一步的区分。因此,本文将采 SBM - DEA 超效率模型作为基础,将污染物排放量作为非期望产出引入到 SBM - DEA 超效率模型中,建立考虑非期望产出的 SBM - DEA 超效率模型,测算了 2001—2017 年新疆的生态经济投入效益,并在此基础上,采用全局参比 Malmquist 模型基于动态的视角从技术进步和技术效率两方面分析其对生态经济投入效益的影响。

1 研究方法与数据来源

1.1 考虑非期望产出的超效率 SBM 模型

TONE[24]首次于 2001 年提出了基于非期望产出的 SBM 模型用来测算生态效率,这个模型与传统的 DEA 模型相比,能够有效解决投入要素的"拥挤"或"松弛"现象,但无法进一步区分效率值为 1 的决策单元。而后 TONE[25]在 SBM 模型的基础上结合了超效率 DEA 模型,能够有效评价处于最优前沿面的 DMU。其考虑非期望产出的超效率 SBM 模型如下:

$$\rho^* = \min \frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x^- \Big/ x_{ik}}{\frac{1}{r_1 + r_2}\left(\sum_{s=1}^{r_1} y^{-d} \Big/ y_{sk}^d + \sum_{q=1}^{r_2} y^{-u} \Big/ y_{qk}^u\right)}$$

$$s.t.\ x^- \geqslant \sum_{j=1,\neq k}^{n} x_{ij}\lambda_j, y^{-d} \leqslant \sum_{j=1,\neq k}^{n} y_{sj}^d\lambda_j, y^{-u} \geqslant \sum_{j=1,\neq k}^{n} y_{qj}^u\lambda_j$$

$$x^- \geqslant x_k, y^{-d} \leqslant y_k^d, y^{-u} \geqslant y_k^u$$

$$\lambda_j \geqslant 0, i = 1,2,\cdots,m;\ j = 1,2,\cdots,n, j \neq 0$$

$$s = 1,2,\cdots,r_1;\ q = 1,2,\cdots,r_2$$

式中:ρ^* 为目标效率值;x,y^d 和 y^u 分别为投入、期望产出和非期望产出;向量 x^-、y^{-d} 和 y^{-u} 分别为投入松弛量、期望的产出松弛量和非期望产出的松弛量;λ 为权重向量;模型中下标"k"表示被评价决策单元。

1.2 全局参比 Malmquist - Luenberger 指数

由于篇幅所限,本文将不再详细阐述具体方法,其计算方法可参考相关文献[26-28]。

1.3 指标选取与数据来源

1.3.1 指标选取 本文参考马歆等[6]、陈真玲[19]文献中的指标体系,以建成区面积、用水总量、能源消费量为投入指标;以各地州 GDP 作为期望产出指标,各地州的 GDP 是以 2001 年为基期,经过平减整理得到各地州市的不变价格;而在非期望产出的选择上,构建合理的环境污染指标体系显得尤为重要[29],考虑到目前比较突出的是空气污染与水污染问题[30],故基于工业废水排放量、工业烟(粉)尘排放量、工业 SO_2 排放量,采用熵值法综合计算的"污染综合排放指数"作为非期望产出指标。本文采用的熵值法是先对各年各指标汇总为截面数据再进行标准化处理,其余步骤详见相关参考文献[31]。

1.3.2 数据来源 考虑到数据的一致性与可获得性,本文选取新疆 14 个地州市(不含兵团城市)作为研究对象,研究期为 2001—2017 年。各指标体系的数据来源于《新疆统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》和各地州市统计年鉴等。

2 生态经济投入效益分析

2.1 静态分析

根据考虑非期望产出的超效率 SBM - DEA 模型,计算出新疆 2001—2017 年 14 个地州市的生态经济投入效益值,结果如表 1 所示。

2.1.1 总体特征 从整体上来看(表 1),新疆区域各年生态经济投入效益平均值都小于 1,2001—2017 年其生态经济投入效益的总平均值为 0.336,表明新疆地区整体的生态经济投入效益水平较低,但其呈现上升的趋势,平均从 2001 年的 0.189 上升到 2017 年的 0.778。从表 1 还可以看出,2009 年大部分地区的生态经济投入效益出现了明显的下降,可能的原因是 2008 年出现的经济危机对东疆、北疆部分地州(市)的工业行业尤其是油气行业影响较大,GDP 产出下降①,进而对其生态经济投入效益产生严重影响;而 2014 年以后各区域上升趋势非常明

① 例如经过可比价计算,2008 年吐鲁番市的 GDP 可比价为 148.74 × 10^8 元,而 2009 年 GDP 可比价为 142.79 × 10^8 元;2008 年克拉玛依 GDP 可比价为 302.34 × 10^8 元,而 2009 年 GDP 可比价为 298.72 × 10^8 元

表 1 新疆区域生态经济投入效益测度结果(2001—2017)

Tab. 1 Measuring results of regional eco – economic efficiency in Xinjiang (2001 – 2017)

年份	地区														均值
	乌鲁木齐市	克拉玛依市	吐鲁番市	哈密市	昌吉州	博州	巴州	阿克苏地区	克州	喀什地区	和田地区	伊犁州直	塔城地区	阿勒泰地区	
2001	0.199	0.304	0.324	0.104	0.163	0.125	0.141	0.138	0.221	0.259	0.189	0.103	0.240	0.135	0.189
2002	0.209	0.304	0.359	0.108	0.180	0.126	0.157	0.126	0.210	0.231	0.181	0.103	0.231	0.148	0.191
2003	0.225	0.304	0.379	0.115	0.189	0.139	0.160	0.138	0.235	0.235	0.191	0.114	0.238	0.175	0.203
2004	0.242	0.313	0.368	0.115	0.197	0.137	0.168	0.141	0.177	0.241	0.204	0.123	0.233	0.205	0.205
2005	0.259	0.361	0.403	0.126	0.226	0.155	0.183	0.143	0.170	0.241	0.251	0.125	0.236	0.152	0.217
2006	0.256	0.404	0.463	0.136	0.245	0.199	0.212	0.152	0.168	0.261	0.253	0.132	0.285	0.224	0.242
2007	0.279	0.533	0.709	0.156	0.306	0.201	0.245	0.169	0.175	0.285	0.247	0.148	0.296	0.213	0.283
2008	0.285	0.600	1.016	0.188	0.332	0.198	0.251	0.190	0.177	0.284	0.285	0.159	0.366	0.221	0.325
2009	0.274	0.486	0.387	0.182	0.356	0.197	0.243	0.211	0.191	0.300	0.283	0.170	0.400	0.225	0.279
2010	0.314	0.509	0.395	0.239	0.377	0.199	0.222	0.241	0.205	0.345	0.278	0.186	0.461	0.228	0.300
2011	0.341	0.783	0.447	0.295	0.392	0.207	0.246	0.283	0.183	0.327	0.360	0.212	0.485	0.245	0.343
2012	0.401	0.824	0.357	0.325	0.424	0.237	0.238	0.308	0.187	0.352	0.365	0.244	0.425	0.267	0.354
2013	0.467	0.554	0.353	0.348	0.445	0.234	0.235	0.240	0.207	0.395	0.395	0.274	0.450	0.219	0.344
2014	0.516	0.529	0.427	0.366	0.484	0.249	0.259	0.281	0.253	0.437	0.437	0.296	0.450	0.243	0.373
2015	0.798	0.695	0.442	0.485	0.639	0.333	0.292	0.416	0.458	0.684	0.370	0.319	0.661	0.345	0.496
2016	1.035	0.754	0.546	0.298	0.799	0.383	0.334	0.479	0.652	0.887	0.489	0.410	0.827	0.436	0.595
2017	1.142	1.047	0.772	0.322	1.053	0.466	0.373	0.568	1.025	1.084	1.005	0.433	1.127	0.481	0.778
均值	0.426	0.547	0.479	0.230	0.400	0.223	0.233	0.248	0.288	0.403	0.340	0.209	0.436	0.245	0.336
排名	4	1	2	12	6	13	11	9	8	5	7	14	3	10	

显,这主要归因于十八大提出的生态文明建设使各地区加强了对生态环境的保护。从各地州市来看,其生态经济投入效益的平均值具有比较明显的差异性,可以按其平均值将 14 个地区划分为三个类型:相对高的生态经济投入效益地区(克拉玛依市、吐鲁番,其平均值介于0.45 ~0.55 之间);中等生态经济投入效益地区(塔城地区、乌鲁木齐市、喀什地区、昌吉州以及和田地区,其平均值介于 0.3 ~0.45 之间);相对低的生态经济投入效益地区(伊犁州直、博州、哈密、巴州、阿勒泰地区、阿克苏地区以及克州,其平均值介于 0.2 ~0.3 之间)。就生态经济投入效益相对高的克拉玛依而言,其经济发展水平较高,有雄厚的经济基础,有足够的能力进行生态建设投资,为自身的绿色发展提供了良好的条件。就生态经济投入效益中等的地区而言,虽然其早期的生态经济投入效益较差,但随着时间的推移,各地区的生态经济投入效益在逐渐的上升,尤其在 2017 年其生态经济投入效益值全部大于 1,这主要归因于各地区加大了清洁生产、节能减排与循环经济发展的力度,同时也体现了生态文明建设的进程。而对于生态经济投入效益相对较低的地区来说,仍然具有较大的提升空间,其可以通过改善生产技术水平来降低非期望产出以及合理配置要素等措施来提升自身的生态经济投入效益。

2.1.2 新疆各地州市的投入冗余度分析 从资源的投入角度分析,各地州市之间的生态经济投入效益存在明显差异的原因是资源要素、技术水平、经济发展的不平衡性导致生态经济投入效益无法达到最优状态,从而造成资源投入的浪费与低效。资源要素的投入松弛有 3 种类型:

(1) 建成区面积的投入松弛。在城市化和工业化发展的进程中,土地投入浪费现象严重,这与城市空间的无序开发扩张有关。2013 年之前,新疆 14 个地区中几乎所有地区都存在建成区面积投入松弛情况。根据建成区产出率来看(二三产业产值/建成区面积),乌鲁木齐与博州在 2001—2012 年期间建成区产出率仅有 2×10^8 元 · km^{-2}左右,而和田地区与伊犁州直在早期的建成区产出率小于 1×10^8 元 · km^{-2}。随着国家对土地集约利用的重视,各地区建成区产出率在逐渐的上升,但直到 2017 年和田地区、哈密地区、博州以及乌鲁木齐的建成区产出率仍小于 5×10^8 元 · km^{-2},且新疆 14 个地州市中建成区产出率最高的吐鲁番地区仅为 11.62×10^8 元 · km^{-2},也小于全国平均水平(14.02×10^8 元 ·

km^{-2})。因此政府有关部门应该在加强对这些地区土地市场化监督的同时,也要积极整顿闲置土地,促进土地集约节约利用。

(2)能源消费量投入松弛。在2015年以前,大部分地区的能源消费量投入松弛,排名靠前的有乌鲁木齐、克拉玛依、巴州、昌吉以及阿克苏地区。这些地区能源资源较为丰富,但能源利用效率不高。但随着节能降耗作为国家可持续发展政策的实施,自2015年开始,这些地区能源利用效率得到了明显提升,尤其是克拉玛依与阿克苏地区。其中克拉玛依由2014年的8.46吨标准煤/万元降至2015年的2.85吨标准煤/万元;阿克苏地区由2014年的3.79吨标准煤/万元降至2015年的0.78吨标准煤/万元,可见节能降耗成果非常显著,但除了喀什地区、和田地区、塔城地区以及阿勒泰地区以外,2017年仍然有10个地州市万元GDP能耗高于全国平均水平(0.5吨标准煤/万元)。

(3)用水总量松弛。在2010年以前新疆14个地区的用水总量投入松弛且排名前三的一直是喀什地区、阿克苏地区以及伊犁州直,2017年有5个地区的用水总量投入松弛且排名前三的阿克苏地区、阿勒泰地区和巴州。这些地区经济发展较为缓慢,水资源利用效率不高,2017年阿克苏地区万元GDP水耗是1 549 $t \cdot 10^{-4}$元,是昌吉州的4.05倍;阿勒泰地区万元GDP水耗是1 929 $t \cdot 10^{-4}$元,是昌吉州的5.04倍。不过从发展态势看,随着节约与环保意识的提高和生态文明建设的推进,这些地区水资源利用效率都有大幅度提高,但除了乌鲁木齐市以外,依然有13个地州市万元GDP水耗高于全国平均水平(73.1 $t \cdot 10^{-4}$元)。

2.2 动态评价

在从静态视角对新疆区域生态经济投入效益进行测度与评价的基础上,下面利用Malmquist指数对生态经济投入效益进行动态分析,以期可以更好的了解新疆14个地州市的生态经济投入效益变化趋势。

从表2来看,新疆14个地州市生态经济投入效益的增长率*GML*值全部大于1,且其增长率的均值为9.1%,说明新疆的生态经济投入效益处于增长阶段。这也印证了前文中分析的新疆区域生态经济投入效益总体上呈现上升的趋势。其中增长最快的是昌吉州,年均增长率为12.4%,这与昌吉州生态经济投入效益从2001年的0.163提高到2017年的1.053相吻合(表1)。和田地区与乌鲁木齐市也有大幅度提高,年均增长率分别为11.7%和11.5%,其生态经济投入效益分别从2001年的0.189、0.199提升为2017年的1.005、1.142。对生态经济投入效益增长率最低的巴州来说,虽然技术效率与技术进步均有所增长,但技术效率只贡献了0.2%,远小于技术进步6%的贡献率,所以巴州在提高技术水平的同时也应加强其技术的利用效率。从地区的Malmquist指数分解情况来分析,技术效率增长率均值为0.4%,克拉玛依市、吐鲁番市、博州、阿克苏以及阿勒泰地区的技术效率呈现下降的状态,这说明这些地区的技术没有使资源达到充分发挥提高期望产出的潜力。

表2 2001—2017年14个地州市Malmquist指数及其分解

Tab.2 Malmquist index and its decomposition in 14 prefectures and municipalities of Xinjiang

地区	技术效率 *EC*	技术进步 *TC*	全要素生产率 *GML*
乌鲁木齐市	1.012	1.102	1.115
克拉玛依市	0.986	1.096	1.080
吐鲁番地区	0.980	1.095	1.073
哈密地区	1.009	1.063	1.073
昌吉州	1.064	1.056	1.124
博州	0.999	1.086	1.085
巴州	1.002	1.060	1.063
阿克苏地区	0.968	1.133	1.097
克州	1.009	1.091	1.101
喀什地区	1.000	1.091	1.091
和田地区	1.027	1.087	1.117
伊犁州直属市	1.009	1.084	1.094
塔城地区	1.008	1.093	1.102
阿勒泰地区	0.984	1.082	1.064
均值	1.004	1.087	1.091

根据表3来进一步分析2001—2017年新疆各指标的发展动态变化。从均值看,新疆区域的*GML*值为1.091,表明新疆区域生态经济投入效益呈现上升的趋势,年均增长9.1%,其分解的综合技术效率和技术进步分别为1.004和1.087,两指标分别上升0.4%和8.7%。由此可以看出,新疆区域生态经济投入效益增长的主要原因是技术进步,而技术效率对其影响较小。这是因为新疆生态经济投入效益大部分年份生产前沿面相对前一年来说更加接近全局的有效生产前沿面,但就技术效率来说,其大部分年份在资源配置方面还存在投入产出不合理的情况。从表3的全要素生产率来看,生态经济投入效

益增长不稳定,其呈现先增后减再增再减的循环模式,特别是在2012年至2017年间,*GML*增长率出现了明显的上升状态,从2012年的0.2%显著提升到了2017年的24.2%。而从分解指标来看,与技术效率相比,技术进步与全要素生产率变化趋势更接近,说明技术进步是影响全要素生产率GML变化的主要原因。

表3 14个地州市各年份平均Malmquist指数及其分解

Tab.3 Average Malmquist index and its decomposition of 14 cities in each year

年份	技术效率 *EC*	技术进步 *TC*	全要素生产率 *GML*
2001—2002	0.895	1.132	1.012
2002—2003	1.012	1.054	1.068
2003—2004	1.161	0.873	1.014
2004—2005	1.005	1.042	1.047
2005—2006	0.980	1.142	1.119
2006—2007	1.137	0.987	1.122
2007—2008	1.005	1.097	1.102
2008—2009	0.858	1.100	0.944
2009—2010	1.116	0.963	1.075
2010—2011	1.139	0.981	1.117
2011—2012	0.905	1.136	1.028
2012—2013	0.913	1.097	1.002
2013—2014	1.051	1.054	1.108
2014—2015	0.977	1.326	1.295
2015—2016	0.989	1.236	1.223
2016—2017	0.981	1.266	1.242
均值	1.004	1.087	1.091

3 生态经济投入效益的影响因素

3.1 宏观政策调控

宏观政策不仅会影响区域经济发展,还对当地生态环境有一定的影响,故其会影响区域生态经济投入效益,是区域发展的风向标和驱动机制。“十五”至“十三五”四个国民经济与社会发展规划阶段基本吻合本文所研究的新疆区域生态经济投入效益的几个发展时期。“十五”和“十一五”时期新疆坚持以经济建设为中心,稳疆兴疆,强区富民,对生态环境问题重视不够,造成环境污染排放严重。所以这一阶段的生态经济投入效益发展趋势较差且基本稳定没有明显的上升趋势。而自“十二五”开始,新疆坚持走资源开发可持续、生态环境可持续的道路,加强节能减排,积极发展循环经济,从而新疆区域生态经济投入效益有了明显的改善。特别是自2015年开始,其效益值呈现明显上升趋势,这主要归因于新疆“十三五”规划中将生态文明建设放在突出的战略位置,提出要加快钢铁、电力、有色、化工、建材等高耗能行业节能改造,鼓励推广节能环保技术、工艺、设备、材料,淘汰落后产能。所以,宏观政策调控对区域生态经济投入效益的影响是非常明显的。

3.2 经济发展水平

经济发展水平不仅会影响到区域生态环境,还会对生态经济投入效益产生影响。从时间维度看,在经济开发建设的初期,会一味地追求经济效益而对环境产生严重的破坏。例如经济发达地区(乌鲁木齐)在早期的生态经济投入效益值仅为0.2左右;这是由于乌鲁木齐市在早期发展阶段盲目追求经济效益,排放大量工业污染物,给环境造成了巨大压力。随着经济发展水平的提高,加大了资金投入和技术研发,较好的协调了资源投入、环境排放与经济发展之间的关系。而经济发达的克拉玛依,生态经济投入效益在早期比乌鲁木齐略好,是因为克拉玛依市作为一座油城,其经济发展水平较高,经济基础较好,修建引水工程进行生态建设,为自身的绿色发展提供了良好的条件。而对于巴州来说,虽然其经济发展水平较好,但其粗放型经济增长方式致使其生态经济投入效益较低。对于经济发展水平一般的地区(例如哈密、伊犁州直属县市),其整体的生态经济投入效益具有很大的提升空间,这是由于其工业结构以重污染工业为主且生产技术水平不高,在追寻经济快速发展的同时忽略了经济活动对环境造成的影响,使得在生产过程中造成资源浪费和污染排放较高。此外,经济发展比较落后的地区(例如克州与和田),其生态经济投入效益水平均值排名居中,这主要归因于当地的工业企业较少造成的污染排放也相对较少。总体而言,经济发达地区与经济落后地区的生态经济投入效益相对较好,而经济发展水平一般的地区生态经济投入效益较差。正如环境库兹涅茨的倒“U”型曲线一样,在经济发展初期经济增长会降低环境的质量,而一旦经济发展超过某一临界点,经济发展水平的进一步提升将会有助于降低环境污染。

3.3 产业结构

产业结构的不合理也会严重影响区域生态经济投入效益,虽然工业发展会带动区域经济发展,但高污染、高排放、高消耗的传统发展模式会给区域环境造成巨大的压力,进而大大降低区域生态经济投入

效益。新疆是资源型大省(区),在早期新疆结合当地的资源优势,重点发展石油化工、煤电与煤化工、钢铁、有色金属冶炼等需要耗费大量能源与水资源的重污染型工业,尽管经济得到了飞速发展,但对生态环境造成了很大的压力。生态经济投入效益较高的地区,如吐鲁番市和克拉玛依,相对其他地区来说,其高污染加工制造行业(钢铁、水泥、发电等)较少。对于中等生态经济投入效益地区(如和田与克州)来说,其主要从事农牧业,二三产业占比较少,不足以推动当地经济水平的快速提升。而对生态经济投入效益低的地区(如伊犁州直属县(市)、巴州)来说,其煤炭开采和洗选业、水泥制造业生产的产品产量较多,直接导致污染排放高。但自 2015 年开始,新疆的产业结构由“二三一”模式转变为了“三二一”模式。自此,新疆的生态环境恶化的状况得到了明显遏制,污染排放明显减少,从而提高了生态经济投入效益。此外,由于新疆整体还处于经济发展的中期阶段,工业比重占比仍较大,个别地区的生态经济投入效益还处于不高的水平。

4 结论及建议

4.1 结论

本文基于 2001—2017 年新疆 14 个地州市的面板数据,采用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型与全局参比 Malmquist 指数对生态经济投入效益进行了静态与动态分析,得出以下结论:(1)新疆整体的生态经济投入效益水平较低,但整体呈现上升的趋势,平均从 2001 年的 0.189 上升到 2017 年的 0.778;各地州市的生态经济投入效益存在明显的差距,生态经济投入效益较高的地区大多位于经济发达地区,而对于经济发展水平一般的地区来说,其生态经济投入效益较低。(2)从自然资源投入角度分析,各地州市的生态经济投入效益存在明显差异的原因包括建成区面积、能源消费量和用水总量的投入松弛,但这种不利的趋势逐渐向好;各地区的建成区产出率、能源利用效率以及水资源利用效率得到明显改善,但几乎所有地区仍低于全国平均水平。(3)新疆各地区的生态经济投入效益全部得到了改善,平均每年上升 9.1%。从 Malmquist 指数的分解来看,技术进步对生态经济投入效益具有较大的贡献,是新疆区域生态经济投入效益提高的主要原因。此外,一个地区的宏观政策调控、经济发展水平以及产业结构也会对当地的生态经济投入效益产生影响。

4.2 建议

(1) 分类指导,促进区域优势互补,加快绿色发展。虽然新疆的生态经济投入效益呈现上升趋势,但区域差异性较大。各地区应该因地制宜的制定适合自身发展的策略,逐步缩小各地区之间生态经济投入效益的差距。对于生态经济投入效益较好的地区来说,其应该在保持较好趋势发展的基础上,通过发挥自己的优势强化生态经济发展的空间溢出效应,带动周围地区生态经济的发展。而对于生态经济投入效益一般和较低的地区来说,政府应该逐渐淘汰高污染与高排放的企业,实现产业改造升级,同时政府还应给予这些地区相应的资金与技术支持。此外,还要充分借鉴生态经济投入效益好的地区的经验,避免在发展的过程中重蹈一些严重的错误,不可再走“先污染,后治理”的老路,充分发挥后发优势,坚持发展绿色产业。

(2) 合理配置资源要素,提高资源利用效率。大多数地区的资源利用效率不高,其应该通过调整资源要素的投入产出比例来进一步的提升资源利用率,还要整治存在严重环境污染的企业,淘汰落后产能,积极推进绿色循环发展的新模式,推动企业污染排放全面达标。坚持节约优先,资源高效利用,促使产业结构优化升级,加强对生态环境的治理,减少污染排放,推动绿色产业发展,如适度开发风能、太阳能等新能源,积极发展生态环保产业,推进工业企业循环化改造,建设绿色工厂,大力发展文化旅游业等。此外,政府必须制定出一系列有关土地合理利用的政策,一方面提高开发区与工业园区的土地产出率,另一方面还要加快对建成区闲置土地的利用,以提升建成区土地利用效率;必须加快建立新疆实际的水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”,要坚持自治区党委确定的以水定发展、以水定规模、以水定项目的水资源开发利用原则,按照压缩农业用水、调增工业用水、保障城镇生活和生态用水的要求合理开发利用新疆的水资源。

(3) 加大技术研发投入,提高技术水平和管理水平。技术进步是生态经济投入效益提升的主导因素,因此各地区政府应该加大对技术创新的支持力度,鼓励各地区进行技术创新以降低废水、废气等污染物的非期望产出,通过提高自身的技术水平来提

升生态经济投入效益。技术水平的提升不仅需要大量的资金投入,还需要吸引人才,形成高技术人才的集聚,从而为企业的技术创新提供人才支撑。除此之外,各地区要提高技术管理水平,特别是克拉玛依市、吐鲁番市、博州、阿克苏以及阿勒泰地区应该在提升技术水平的同时还要加强提高管理水平,形成技术水平和管理水平相互协调发展的新局面。

参考文献(References)

[1] 王长建,张小雷,杜宏茹,等. 城市化与生态环境的动态计量分析——以新疆乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区地理,2014,37(3):609-619. [WANG Changjian,ZHANG Xiaolei,DU Hongru,et al. Quantitative analysis of the dynamic relationship between urbanization and ecological environment in Urumqi, Xinjiang[J]. Arid Land Geography,2014,37(3):609-619.]

[2] 谢大伟. 生态建设促进经济发展的实践及启示——以新疆乌鲁木齐县为例[J]. 干旱区地理,2017,40(3):692-699. [XIE Dawei. Practice and enlightenment of promoting economic and social development with ecology and environment construction: A case of Urumqi County[J]. Arid Land Geography,2017,40(3):692-699.]

[3] 李光明,邓杰. 产业支撑、生态保护与城市可持续发展研究——以乌鲁木齐为例[J]. 干旱区地理,2016,39(4):868-876. [LI Guangming,DENG Jie. Industry supporting,ecology protection and urban sustainable development:A case of the Urumqi [J]. Arid Land Geography,2016,39(4):868-876.]

[4] FILHO W L. The new sustainability advantage:Seven business case benefits of a triple bottom line[J]. International Journal of Sustainability in Higher Education,2002,14(4):doi:0. 1108/ijshe. 2013. 24914daa. 012.

[5] 赵银兵,王娜,张婷婷,等. 基于DEA-Malmquist的四川省生态经济效率评价[J]. 国土资源科技管理,2018,35(5):15-24. [ZHAO Yinbing,WANG Na,ZHANG Tingting,et al. Eco-economic development efficiency evaluation of Sichuan Province based on DEA-Malmquist[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources,2018,35(5):15-24.]

[6] 马歆,MUHAMMAD R,薛天天,等. 中国区域生态经济投入效益测度及其时空演化分析[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(11):10-20. [MA Xin,MUHAMMAD R,XUE Tiantian,et al. Measurement of China's regional eco-economy input efficiency and its temporal-spatial evolution[J]. China Population,Resource and Environment,2017,27(11):10-20]

[7] FARE R,GROSSKOPF S,LOVELL C A K,et al. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable:A nonparametric approach[J]. The Review of Economics and Statistics,1989,71(1):90.

[8] KORHONEN P,SYRJANEN M. Resource allocation based on efficiency analysis[J]. Anagement Science,2004,50(8):1134-1144.

[9] PICAZO-TADEO A J,BELTRAN-ESTEVE M,GOMEZ:LIMON J A. Assessing eco-efficiency with directional distance functions[J]. European Journal of Operational Research,2012,20(3):798-809.

[10] CHUNG Y H H,FÄRE R,GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs:A directional distance function approach [J]. Microeconomics,1997,51(3):229-240.

[11] 张煊,王国顺,王一苇. 生态经济效率评价及时空差异研究[J]. 经济地理,2014,34(12):153-160. [ZHANG Xuan,WANG Guoshun,WANG Yiwei. Spatial-temporal differences of provincial eco-efficiency in China based on matrix-type network dea[J]. Economic Geography,2014,34(12):153-160.]

[12] 薛智键,刘肇军. 基于DEA-Malmquist指数的贵州生态经济系统发展效率评价[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2014,32(4):9-15. [XUE Zhijian,LIU Zhaojun. Evaluation research on the development efficiency of Guizhou ecological-economic system based on DEA-Malmquist index[J]. Journal of Guizhou Normal University(Natural Sciences),2014,32(4):9-15.]

[13] 朱书敏. 新疆绿色经济发展效率及对策研究[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2018. [ZHU Shumin. Study on the development efficiency and countermeasures of Xinjiang green economy[D]. Urumqi:Xinjiang University,2018.]

[14] 李艳军,华民. 中国城市经济的绿色效率及其影响因素研究[J]. 城市与环境研究,2014,1(2):36-52. [LI Yanjun,HUA Min. Green efficiency of Chinese cities:Measurement and influencing factors[J]. Urban and Environmental Studies,2014,1(2):36-52.]

[15] 彭薇,熊科. 环境压力视角的广东省市域生态效率综合评价[J]. 经济地理,2018,38(8):179-186. [PENG Wei,XIONG Ke. Ecological efficiency evaluation and spatial evolution of Guangdong Province from the perspective of environmental pressure[J]. Economic Geography,2018,38(8):179-186.]

[16] 刘师嘉. 中国省级地区绿色工业发展模式及其路径选择研究[D]. 成都:西南财经大学,2012. [LIU Shijia. A study of green industrial development model and path in Chinese provinces[D]. Chengdu:Southwestern University Finance and Economics,2012.]

[17] 秦宏,张莹,卢云云. 基于SBM模型的中国海水养殖生态经济效率测度[J]. 农业技术经济,2018,(9):67-79. [QIN Hong,ZHANG Ying,LU Yunyun. Measurement and analysis of China's mariculture eco-economic efficiency:Based on SBM model[J]. Journal of Agrotechnical Economics,2018,(9):67-79.]

[18] 杨树旺,张康光,牛苗苗. 中国矿业生态经济效率评价研究[J]. 宏观经济研究,2011,(12):66-71,78. [YANG Shuwang,ZHANG Kangguang,NIU Miaomiao. Study on evaluation of eco-economic efficiency of mining industry in China[J]. Macroeconomics,2011,(12):66-71,78.]

[19] 陈真玲. 基于超效率DEA模型的中国区域生态效率动态演化研究[J]. 经济经纬,2016,33(6):31-35. [CHEN Zhenling. A-

nalysis on the dynamic evolution of regional eco-efficiency in China based on super efficiency DEA model[J]. Economic Survey,2016,33(6):31－35.]

[20] 卜洪运,崔雪飞,李红莲. 京津冀生态经济效率测度及内部视角下影响因素研究——基于全局参比的 US-SBM 模型[J]. 生态经济,2017,33(5):88－94. [BU Hongyun, CUI Xuefei, LI Honglian. Measurement of eco-economic efficiency of Beijing-Tianjin-Hebei region and research on the influencing factors from internal perspective:Base on Global-US-SBM model[J]. Ecological Economy,2017,33(5):88－94.]

[21] 周敏,王腾,严良,等. 财政分权、经济竞争对中国能源生态效率影响异质性研究[J]. 资源科学,2019,41(3):532－545. [ZHOU Min, WANG Teng, YAN Liang, et al. Heterogeneity in the influence of fiscal decentralization and economic competition on China's energy ecological efficiency[J]. Resources Science,2019,41(3):532－545.]

[22] 邱虹,朱南,张为波. 中国省域工业生态经济效率实证分析——基于两阶段效率评价模型[J]. 生态经济,2016,32(8):41－46. [QIU Hong, ZHU Nan, ZHANG Weibo. On the industrial eco-economical efficiency and empirical research in the provinces of China:Based on two stage efficiency evaluation model[J]. Ecological Economy,2016,32(8):41－46.]

[23] 叶家飞. 鄱阳湖生态经济区经济效率及其影响因素研究[D]. 南昌:江西师范大学,2013. [YE Jiafei. Study on the economic efficiency of Po yang Lake ecological economic zone and its influence factors[D]. Nanchang:Jiangxi Normal University,2013.]

[24] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2001,130(3):498－509.

[25] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research,2002,143(1):32－41.

[26] 成刚. 数据包络分析方法与 MAXDEA 软件[M]. 北京:知识产权出版社,2014. [CHENG Gang. Data envelopment analysis and MAXDEA software[M]. Beijing: Intellectual Property Publishing House,2014.]

[27] 纪建悦,曾琦. 考虑非期望产出的中国海水养殖业全要素生产率研究——基于 Global Malmquist-Luenberger 指数[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版),2017,(1):43－48. [JI Jianyue, ZENG Qi. A study on the total factor productivity of China's mariculture considered undesirable outputs based on global Malmquist-Luenberger index[J]. Journal of Ocean University of China(Social Sciences),2017,(1):43－48.]

[28] 臧洪,丰超,周肖肖. 绿色生产技术、规模、管理与能源利用效率——基于全局 DEA 的实证研究[J]. 工业技术经济,2015,34(1):145－154. [ZANG Hong, FENG Chao, ZHOU Xiaoxiao. The green production technology, scale, and management and energy efficiency: A application of global DEA[J]. Journal of Industrial Technological Economics,2015,34(1):145－154.]

[29] 吕臣,彭淑贞,方巍. 环境污染与政府规制:一个新的概念框架与理论分析[J]. 干旱区地理,2016,39(4):886－894. [LV Chen, PENG Shuzhen, FANG Wei. Environmental pollution and government regulation: Defining and theoretical analyzing from a new perspective[J]. Arid Land Geography,2016,39(4):886－894.]

[30] 卢丽文,宋德勇,李小帆. 长江经济带城市发展绿色效率研究[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(6):35－42. [LU Liwen. SONG Deyong, LI Xiaofan. Green efficiency of urban development in the Yangtze River Economic Belt[J]. China Population, Resource and Environment,2016,26(6):35－42.]

[31] 李豫新,王改丽. “丝绸之路经济带”建设背景下外向型经济评价及动态预测——以新疆地区为例[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报),2015,(5):94－103. [LI Yuxin, WANG Gaili. Evaluation and dynamic prediction of export-oriented economy in context of Silk Road Economic Belt: A case study of Xinjiang[J]. International Business,2015,(5):94－103.]

regional eco-economic input efficiency of Xinjiang based on undesirable output

GAO Zhi-gang, TONG Si-cong
(*School of Economics, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi* 830012, *Xinjiang, China*)

Abstract: Owning to the rapid development of industrialization and the advancement of urban construction in Xinjiang, China, fragile ecological environments have faced more severe situations. In order to promote ecological progress, it is helpful to coordinate the relationship between regional economic development and the ecological environment through analyzing the eco-economic input efficiency in Xinjiang. To understand the changing trend of Xinjiang's regional eco-economic input efficiency, this paper considers the built-up area and total water and energy consumption as input indicators, while using the GDP of each region as the expected output index. Based on industrial wastewater discharge, smoke (dust) emissions, and sulfur dioxide emissions, a comprehensive pollution calculation index based on the entropy method is used as the undesirable output index. Firstly, an efficient SBM model considering the undesired output was used to measure the eco-economic input efficiencies of 14 regions in Xinjiang from 2001 to 2017. On the basis of the global Malmquist-Luenberger index, variations in dynamic eco-economic input efficiencies were analyzed from the aspects of technological progress and technological efficiency. Then, the reasons for the disparity in eco-economic input efficiencies in different regions were analyzed taking into consideration macro-policy regulation, economic development level, and industrial structure. According to the results of this study, some pertinent suggestions are put forward in order to provide data support and policy guidance toward promoting eco-economic input efficiency and the coordinated development of regional economy and the ecological environment, as well as the improvement of the eco-economic input efficiency throughout the region. Our results allow the following conclusions to be made: (1) the eco-economic input efficiency in the Xinjiang region is low, and there is a clear gap between the eco-economic input efficiency of each area, within, however, the efficiency value of each area shows an upward trend. (2) Obvious differences in eco-economic input efficiency between regions results from the input redundancy of resource elements, including the built-up area, energy consumption, and total water consumption. (3) The eco-economic input efficiencies of all regions in Xinjiang have been improved, with an average annual increase of 9.1%; the principal factor influencing this improvement is technological progress. Additionally, macroeconomic policy regulation, economic development levels, and industrial structure also have pacts on local eco-economic input efficiency. Based on these results, the following suggestions are proposed: (1) to promote complementary regional advantages and accelerate green development after classifying by different regional conditions; (2) to reasonably allocate resource elements in order improve the efficiency of resource utilization; and (3) to increase investment in technology research and development and improve technical and management levels.

Key words: Eco-economic input efficiency; undesirable output; super-efficient SBM model; GML index